UNAM
23085
INSTITUTO DE GEOLOGÍA - CU

S600
.4
H47

UNAM

23085

INSTITUTO DE GEOLOGÍA - CU

INSTITUTO DE GEOLOGÍA

BIBLIOTECA

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA.

JES CUBRIMIENTO DE MANANTIALES

UNAM
23085
INSTITUTO DE GEOLOGÍA - CU

L. Hernandez Robredo
Ingeniero Agrónomo

SERVICIO DE PUBLICACIONES AGRÍCOLAS.

S600
4
H47

UNAM

23085

INSTITUTO DE GEOLOGÍA - CU

IV-26-4-32

BIBLIOTECA

Descubrimiento de manantiales

DIRECCION GENERAL DE AGRICULTURA

DESCUBRIMIENTO DE MANANTIALES

POR

L. HERNANDEZ ROBREDO
INGENIERO AGRONOMO

Servicio de Publicaciones Agrícolas.

DONACION
I
JUN 2013
Verna

5600.4
H47

I-23085

491(560)
He8d

Papelería Sevilla.—Sevilla, 4.

GENERALIDADES

En la mayor parte de España tenemos bastante temperatura para el cultivo de la huerta, frutales o prados artificiales. Lo que nos falta es agua.

Esta se puede obtener de grandes obras públicas, como pantanos y canales, que importan muchos cientos de millones de pesetas y trascurso de años; o bien de pequeños trabajos para alumbrar manantiales, que cuestan pocos cientos de pesetas y pocas semanas.

Las primeras e importantes empresas que citamos tienen que realizarse a cargo del Estado, y por ello tenemos ya el Plan nacional de Obras hidráulicas, que se han de desarrollar en un plazo de veinticinco años, y que importarán 2.370 millones de pesetas.

Entre los otros modestísimos trabajos para la obtención del riego están los descubrimientos de manantiales, que por su poco coste se pueden realizar por muchísimos agricultores; y solamente de estos trabajos nos vamos a ocupar.

Según una Memoria de la Junta Consultiva

Agronómica del año 1918, la superficie regada en cada región con aguas subterráneas era la siguiente:

	Pozos y elevadas por maquinaria. — Hectáreas.	Socavones o galerías. = Hectáreas.	Fuentes y manantiales. — Hectáreas.
Castilla la Nueva... ...	37.239	4.789	19.133
Castilla la Vieja.	2.497	"	8.872
Cataluña...	10.563	14.447	3.803
Levante...	30.121	4.798	28.015
Andalucía Oriental. ...	3.304	10.624	45.654
Andalucía Occidental...	6.251	"	3.487
Extremadura.	4.267	"	4.721
León...	3.738	"	6.574
Galicia...	13	6	68.772
Vascongadas...	44	"	776
Cantábrica.	"	"	39.029
Aragón.	304	124	7.538
Canarias...	175	1.876	2.044
TOTALES...	98.516	36.664	239.268

IMPORTANCIA DEL DESCUBRIMIENTO DE AGUAS

Como la cantidad de agua de lluvia caída al año no alcanza una altura de dos palmos en la mayor parte de España, se comprenderá lo conveniente que es conocer los medios de procurarse agua, no sólo para el riego, sino para hacer posible la vida de los agricultores.

Hemos tenido ocasión de ver los trabajos penosos que se imponen modestos labradores para aprovechar las aguas que van bajo el suelo, y estos sacrificios no logran buen resultado en muchos casos por falta de conocimiento de cuáles son aquellos sitios que viéndolos secos ocultan, sin embargo, aguas que van bajo de ellos a veces a muy poca profundidad.

Cada agricultor que abre un pozo, y por medio de una modesta noria, movida por un animal, consigue una pequeña huerta, representa un aumento también pequeño de riqueza. Pero si son muchos los que hacen esto, el cultivo, y por tanto la riqueza de una zona, puede llegar a tener mucha importancia. Y esto ocurre, respecto del cul-

tivo hortícola, sin ir más lejos, en muchas partes de la provincia de Madrid.

Conocemos casos de haber conseguido aguas para el riego con su solo esfuerzo un labrador, y los beneficios obtenidos en la huerta haberlos dedicado a abrir otro pozo, ensanchando así su cultivo hortícola.

La importancia económica que tiene descubrir manantiales la conocéis muy bien. Los precios de todos los productos agrícolas han aumentado de veinte años acá; pero si os fijáis, observaréis que los de hortalizas y frutas han sido los que más subieron. Mientras los de trigos, aceites, vinos, etcétera., no han llegado al doble, los de hortalizas y frutas han llegado a ser tres, y en algunas ocasiones cuatro, veces mayor.

Haced cuentas de lo que os produce una fanega de huerta o de prado de regadío, como, por ejemplo, alfalfa, sobre lo que da la misma de secano, y veréis desde luego lo mucho que os conviene.

Aun sin llegar a esto, o sea a cambiar de cultivo, solamente en fincas de secano que no tengan agua cerca de la casa, haced la cuenta del tiempo que pierden los obreros y el ganado al día en ir a abastecerse de agua y multiplicar esto por trescientos días de trabajo al año.

Claro está que este gasto aumenta proporcionalmente a la distancia y al número de animales. Haciendo estas cuentas es como se aprecia la economía que representa tener un buen manantial cerca de casa.

Al intentar descubrir aguas ocultas, la prudencia aconseja que pesemos las ventajas y los inconvenientes, o sean las probabilidades de buen resultado y las de malo. Si las ventajas representan una cantidad mayor que los gastos, no hay duda que debemos emprender los trabajos.

Y no queremos hablar de la importancia que tendría al buscar aguas para riego o para beber, encontraros con aguas minerales, de las que se aplican a la curación de determinadas enfermedades. Esto sería el origen de vuestra fortuna.

VARA ADIVINATORIA Y OTROS APARATOS

En época de los árabes existían ya en España los zahoríes, que adivinaban dónde había aguas ocultas. En Valencia y Andalucía, dado el valor que el agua tiene para el riego, abundaban los zahoríes, a quienes se daba mucho crédito.

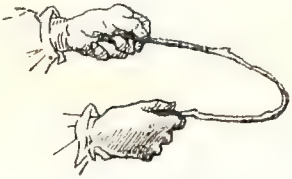


Fig. 1.ª

Aun existen hoy algunos, como también hay quien por medio de la "vara adivinatoria" descubre manantiales.

Hace cinco siglos, en Alemania se empleaba dicha varita para descubrir no sólo aguas, sino minas y, sobre todo, tesoros ocultos.

Consiste la vara adivinatoria en una rama fina de árbol, de menos de un dedo de gruesa. Aun-

que se prefiere sea de avellano, se emplean también las de almendro, sauce, roble, castaño, manzano, etc.

La varita se coge en cada extremo con una mano y se le hace formar un arco, como se ve en la figura 1.ª, a la altura del pecho.

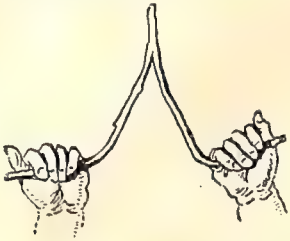


Fig. 2.ª

Con ella en esta forma, se anda sobre el terreno, y, según los que aconsejan esta manera de descubrir manantiales, cuando se pasa sobre una corriente de agua que exista bajo el suelo, la varita se mueve por sí misma poco a poco, girando en las manos del operador, sin que éste influya en ello.

Son variables las formas y dimensiones de la varita. Puede ser en forma de horquilla, como la indicada en la figura 2.ª, con los brazos iguales y la rama única más o menos corta que las otras.

Aun se han considerado como más sensibles que las de madera, varitas metálicas, que se construyen en distintas formas, siendo las de más uso las dibujadas en la figura 3.ª.

Unas veces consisten en un alambre arrollado en su parte media, como se indica en la figura 3.ª Otras, además de esa disposición del alambre, tiene un mango de madera cada extremo de éste, y las dos ramas están unidas por un travesaño. El metal más empleado es el acero.

Con ramas de sauce hemos comprobado personalmente, en varias pruebas realizadas en Gali-

Fig. 3.ª

cia, que la varita no giraba por sí misma al pasar sobre corrientes de agua que conocíamos existían bajo el suelo.

Esta vuelta o giro parece se produce por sí misma en manos de determinadas personas dotadas de un temperamento apropiado para producir ese efecto.

M. de Tristan, en Francia, utilizó mucho tiempo la tal vara, y en un extenso libro que escribió terminaba así: "Estoy muy distante de aconsejar a nadie que se fíe en las experiencias de la vara adivinatoria para el descubrimiento de aguas subterráneas."

Nosotros no negamos que existan personas muy sensibles a estos efectos, pero son contadas.

Además de la varita, se ha empleado el péndulo, o sea un objeto algo pesado que pende de un bramante o una cadenita. Andando sobre el terreno, oscilará el péndulo cuando se pase sobre una corriente de aguas ocultas.

Un aparato de hace tres siglos es la balanza higrométrica del P. Kircher. Se compone de una barra hecha con dos trozos de madera; una poco absorbente de la humedad (de nogal, por ejemplo) y otra mucho (por ejemplo, de avellano). Están las dos barras unidas por sus extremos. La barra resultante se apoya sobre un pie, que se clava en el terreno. Véase la figura 4.ª.

Fig. 4.ª

Si hay agua bajo el suelo, los vapores que durante la noche se desprenden del terreno son absorbidos por la madera más atrayente de humedad y la barra se inclinará.

Existen aparatos que se fundan en desviaciones de la aguja imantada, y otros que se apoyan en efectos eléctricos.

Hay otros procedimientos que se fundan en los ruidos causados por el agua en movimiento bajo el suelo. El aplicar el oído solamente no basta,

pues se necesitaría fuese una corriente muy grande (casi un río o, por lo menos, un riachuelo y no muy profundo) para oírla.

Para facilitar la percepción del ruido, algunos aplican al oído una especie de trompetilla acústica o embudo. Perfeccionando esto, otros han inventado aparatos semejantes a los que emplean los médicos para auscultar a los enfermos, aparatos que designan con los nombres de hidrófonos, acuófonos, acústilo, etc.

OBSERVACIONES GENERALES SOBRE TERRENOS

Hoy día, el indicar con probabilidad de acierto dónde hay agua bajo el suelo, se ha de apoyar en datos más serios y seguros, como son los que proporciona una ciencia que tiene por objeto conocer no solamente el terreno que vemos, sino también el que está bajo él.

Y sin decir el nombre de esta ciencia (y si empleamos alguna palabra técnica la explicaremos), porque nos dirigimos a los labradores, y especialmente a los más modestos, trataremos de que vosotros mismos podáis, en la mayor parte de los casos, acertar dónde podréis encontrar agua.

No se pueden dar reglas rigurosamente exactas, porque tampoco podemos conocer exactamente en todos los casos el curso de las aguas subterráneas, ni la composición detallada de las capas inferiores de la tierra. Pero siempre es un medio racional para obtener buen resultado en la mayor parte de las veces.

Esta ciencia se apoya en la configuración exterior, o sea la que vemos, y en la estructura inte-

rior de los terrenos. Y observando bien los terrenos visibles se pueden sacar consecuencias respecto de los que se ocultan debajo.

Por ejemplo, si en los dos costados de una montaña vemos que una capa de roca tiene el mismo espesor, será el mismo probablemente dentro de la montaña, pues la experiencia nos ha hecho observar que rara vez varía el espesor de una capa.

Y lo que decimos de los terrenos decimos también de las corrientes de aguas ocultas, porque éstas están sometidas a la clase y a la posición de las capas o fajas distintas de la tierra.

El curso de las aguas obedece a leyes generales. Y las pocas excepciones (que más adelante expondremos) vienen a confirmar la regla general.

Terrenos permeables.—Antes de pasar adelante diremos que terrenos permeables son aquellos en que las aguas de lluvia penetran más o menos profundamente, como sucede con las tierras sueltas de arena, de mantillo, etc.; tierras que al apretarlas humedecidas entre los dedos se deshacen fácilmente.

Terrenos impermeables.—Son aquellos en que el agua penetra muy poco o nada y, por tanto, se escurre sobre ellos, como sucede con los muy arcillosos o barrosos, cuya tierra, al ser comprimida, al ser apretada entre los dedos, no se deshace y conserva la forma que se les da. Desde luego, los más impermeables son los terrenos de rocas macizas.

Estratos.—Los terrenos pueden ser de igual

composición en una gran profundidad o masa, es decir, todo arenoso o todo de roca. Pero generalmente no sucede así, sino que los terrenos presentan fajas o capas o hiladas de distinta com-

Fig. 5.ª

posición o estado y aun de diferente color, que se llaman estratos.

Estas capas o fajas o estratos los ha puesto a la vista el hombre al abrir grandes desmontes,

Fig. 6.ª

cuando se construyen carreteras o ferrocarriles, y los presenta la Naturaleza en las vertientes de

algunas montañas. Los veréis en "tongadas" de diferente color o dureza.

Estratificación.—La disposición de todas las fajas o estratos que forman un terreno, es lo que se llama estratificación. La estratificación de

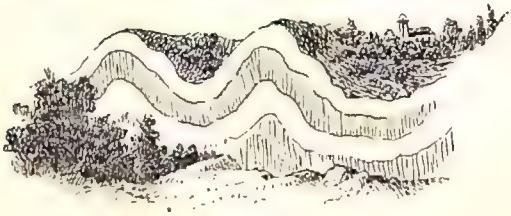


Fig. 7.ª

las distintas rocas es también variable, pues están dispuestos los estratos de distinto modo.

Así se llama estratificación horizontal cuando las capas están muy poco inclinadas, y esto es lo más frecuente. Véase figura 5.ª

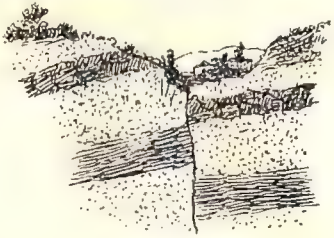


Fig. 8.ª

Se llama estratificación inclinada cuando las capas o estratos están muy inclinados o casi verticales (casi de pie). Véase figura 6.ª

Y, finalmente, estratificación arqueada aquella cuyos estratos o fajas son curvos u ondeados, como se ve en la figura 7.ª

Fallas.—Cuando por cualquier causa se rompieran las fajas o estratos y las caras de la fractura resbalan una sobre otra, subiendo o bajando y poniendo, por tanto, en contacto capas o fajas muy distintas, decimos que se ha producido una falla. Véase figura 8.ª

Esta se llama vertical cuando el plano de ruptu-

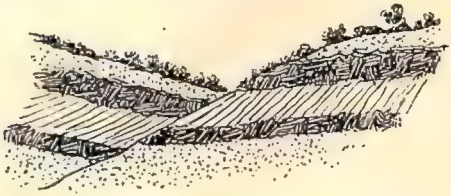


Fig. 9.ª

ra o separación sea también vertical, esto es, esté a plomo, como se ve en la figura 8.ª Es más frecuente que dicha separación o ruptura esté inclinada. Véase figura 9.ª

Estas fallas, que a veces se presentan cubiertas por rellenos posteriores que no nos las dejan ver, son caminos para que las aguas escapen a capas más profundas, y además que desvíen las líneas de aguas ocultas, de que luego hablaremos.

ASPECTO DE LOS TERRENOS PERMEABLES E IMPERMEABLES

Se puede conocer si un terreno es permeable en su conjunto o no por su aspecto exterior.

En los terrenos permeables, las corrientes de aguas superficiales o a la vista son pocas en número, pero abundantes de caudal, y ni aun en épocas de muchas lluvias se encharcan.

Los barrancos de estos terrenos son hondos, pero no son numerosos.

En cambio, en los terrenos impermeables, los barrancos son poco profundos y anchos, presentando aguas estancadas o charcas. Tienen las aguas distribuidas en corrientes más o menos limitadas y a gran profundidad. En estos terrenos, el descubrimiento de aguas ocultas es más inseguro que en los permeables.

Podrá ocurrir en ellos que una perforación que no nos haya dado agua ninguna, pase a muy poca distancia de una gran corriente de agua.

OBSERVACION ESPECIAL DE VALLES Y VALLECITOS

En un país tan accidentado como el nuestro, todos habréis visto que, cuando vais entre dos montañas, las vertientes (llamadas así porque vierten las aguas sobre el valle) de uno y otro lado, van bajando hasta encontrarse una con otra.

Esta línea de encuentro, que es la más honda entre las dos vertientes, tiene la mayor importancia para descubrir manantiales. Nosotros la llamaremos "línea de aguas ocultas" para no emplear la de "Thalweg", que en alemán quiere decir "camino del valle".

Al hablar de valle, podéis observar que si una montaña avanza por un lado del valle, se ve que en el otro lado hay un entrante. Es decir, que siempre el entrante de un lado no está enfrente del entrante del otro lado, sino que alternan, de modo que si las vertientes de un lado del valle se acercasen a las del otro los salientes de uno encajarían en los entrantes del otro.

Unicamente en valles de gran anchura puede no ocurrir esto.

Cuando se encuentran bruscamente las vertientes de uno y otro lado, sin formar valle entre las dos, la línea de encuentro entre las dos vertientes es la línea de aguas ocultas.

Cuando no se encuentran bruscamente las vertientes de uno y otro lado, porque tienen una

Fig. 10.

pendiente suave y queda entre las dos un vallecito o valle, la línea más honda, o sea la de aguas ocultas, la encontraréis a casi igual distancia de las dos vertientes, si éstas tienen la misma pendiente. Véase figura 10.

En el caso de que las pendientes de las dos laderas o vertientes sean desiguales, es decir, que el declive sea más rápido en un lado del valle que en el otro, la línea de aguas ocultas está más próxima al lado más pendiente.

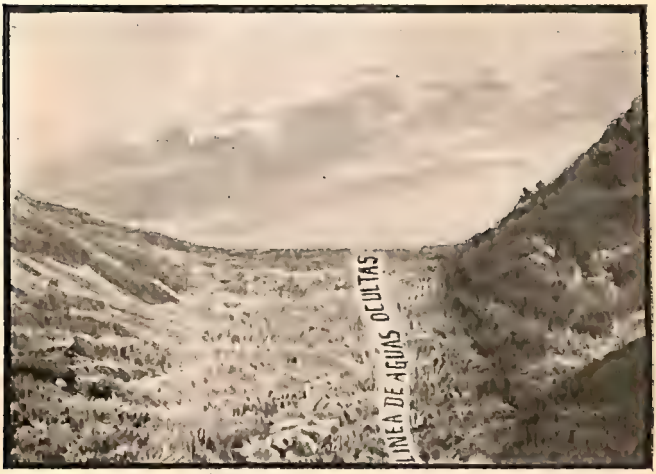


Fig. 11.

Así, si la pendiente de una ladera o vertiente del valle es una mitad más rápida que la de la otra de enfrente, la corriente de aguas ocultas se acerca a la que tiene más pendiente en proporción a esa mayor pendiente. Véase figura 11.

Y cuando una de las dos laderas es de tanta

pendiente que resulta escarpada, la corriente de aguas ocultas sigue por el pie de esta pendiente escarpada o rápida, aunque se prolongue mucho, hasta llegar a un saliente que la detenga y la empuje hacia el pie de la vertiente o ladera opuesta o de enfrente. Véase figura 12.

Fig. 12.

En los valles y partes bajas, la pendiente más fuerte se encuentra generalmente donde comienza. No es uniforme la pendiente en el resto, pero puede limitarse a dos partes: una que tiene pendientes rápidas y otra de pendientes suaves.

Las pendientes rápidas, y, por tanto, las cascadas, se encuentran en aquellos sitios que son estrechos o en bancos de rocas.

Las pendientes suaves se observan donde las vertientes o laderas están muy separadas, quedando entre ellas un llano de bastante extensión.

En cada vallecito, la corriente de agua puede ser visible u oculta. En unos casos, la corriente de agua es visible y permanente en todo su recorrido.

En otros, el agua no se ve más que en el lugar donde nace, y después de recorrer una corta distancia, desaparece completamente, o no vuelve a salir sino en la proximidad de un río cercano.

En otros casos, aparece la corriente de agua cuando llueve o algo después, quedando en seco el resto del año.

En otras ocasiones, la corriente de agua desaparece y vuelve a presentarse más o menos veces. Finalmente, hay vallecitos en que no aparece nunca ninguna corriente, y que se ven secos constantemente en toda su extensión, aunque sean abundantes las lluvias.

El punto de partida de una corriente de agua bajo tierra es unas veces un vallecito algo ahondado y en forma de circo.

Otras una playa elevada, seca, de poca profundidad y con ligera inclinación. Si la playa se compone de varios pliegues de terreno que no sean iguales, siempre hay uno mayor, más profundo, y que viene de más lejos. Todos los demás plie-

gues que son menos hondos llevan al mayor el hilo de agua que cada uno recogió.

Cuando la playa se compone de un solo pliegue de terreno, todos los hilos de agua se dirigen a un mismo centro, que ocupa el lugar más bajo. A partir de este centro, la línea de agua bajo tierra o línea más honda del terreno se nota ya; la pendiente se suaviza y el curso del agua que no vemos sigue constantemente la línea más honda, ya sea ésta una línea recta ya sea una que dé muchas vueltas.

El curso del agua bajo tierra va recibiendo de trecho en trecho otros manantiales más o menos grandes de los vallecitos que encuentra a su paso, y hacia ellos se inclina la línea de agua bajo tierra.

La desviación de ésta es tanto mayor cuanto más grande es el manantial que recibe; y este manantial es tanto mayor cuanto más extenso es el vallecito de donde viene.

La corriente de agua oculta sigue con mucha aproximación el curso de las aguas que se forma sobre tierra temporalmente por las lluvias.

Pero esta igualdad de dirección y sentido, esta misma concordancia de las dos corrientes, la de las lluvias y la de dentro de tierra, desaparece frecuentemente por las siguientes causas:

Por la disposición de los estratos o fajas de las laderas o vertientes.

Por los trabajos que el hombre haya realizado.

Por abandonar a sí mismas, en los llanos, las corrientes de agua visibles.

Primer caso.—La corriente de aguas bajo tie-

rra no concuerda con la línea exterior de aguas ocultas cuando los estratos o capas del terreno de la vertiente o ladera que tiene una pendiente suave van a hundirse bajo las capas de la vertiente opuesta, que es más rápida.

Cuando esto ocurre, la corriente de aguas ocultas sigue por el pie de la vertiente más rápida, y en algunos casos, aunque raros, se va por debajo de los estratos de la ladera o vertiente más rápida.

Esta desviación se conserva unas veces tan sólo en parte del vallecito, pero otras en todo su largo. Por esta causa, la corriente de agua sale de tierra a la orilla del río, y ya a la derecha de la desembocadura del vallecito, ya a la izquierda, según que la estratificación de las dos laderas esté inclinada a una u otra parte.

Ocurre a veces que la corriente así desviada sale de los costados de la ladera de más pendiente, y así la persona que no observe que esto es debido a la disposición de los estratos de las dos laderas, podría creer, equivocadamente, que el agua procede del centro de la montaña de que sale.

Otras veces, aunque no sean frecuentes, hay sitios en que la corriente de agua bajo tierra abandona el vallecito en que se formó y corrió para pasar al vallecito próximo. Esto es debido, en unos casos, a que los estratos o fajas se presentan derechos al través del vallecito, formando un atajo que llega hasta el vallecito próximo.

En otros, cuando los estratos que forman la colina se han hundido o elevado; y, finalmente, en

otros casos, cuando la colina que separa los dos vallecitos, por estar compuesta de materiales sueltos, no presenta resistencia al paso del agua.

Segundo caso.—Los trabajos que el hombre realiza es otra de las causas de la falta de concordancia de las aguas ocultas con los cursos de aguas de lluvia.

Algunos agricultores, para economizar terreno, en vez del cauce sinuoso o tortuoso que seguía el arroyo, han construído otro en línea recta.

Otras personas, para reunir dos fincas separadas por un arroyo, que sólo momentáneamente lleva agua, han cegado su fondo y han abierto otro canal más o menos lejos del anterior, esto es, del verdadero.

Finalmente, otros, construyendo diques o pequeñas presas en sus propiedades, han socavado la vertiente de la orilla opuesta.

De todos modos, el antiguo arroyo, a pesar de estos trabajos, es fácil de reconocer.

Tercer caso.—Cuando caen grandes lluvias, los arroyos momentáneos que se producen depositan en sus orillas terromonteros que van elevando poco a poco. Al cabo de mucho tiempo, cuando su canal se halla colocado sobre una especie de cima, abandonan aquél para abrir otro en la parte baja.

OBSERVACION ESPECIAL DE LADERAS

En las laderas de montañas de terrenos estratificados es frecuente se presenten capas o estratos impermeables, sobre los que aparecen manantiales. En las laderas de los valles muy hondos, puede suceder que haya varias capas más o menos impermeables alternando con otras permeables. En este caso, las capas de agua son varias, y las que salen más bajas son más constantes que las de arriba. Véase figura 13.

Fig. 13.

En una vertiente los puntos en que las aguas ocultan presentan más manantiales y éstos son más abundantes y están menos hondos, se hallan en la línea costanera. Llamamos línea costanera a la que separa la ladera de la llanura o valle; línea que no sólo da vuelta al valle principal, sino también a todos los vallecitos que afluyen al principal. Es una línea sinuosa que está compuesta por los pies de todas las laderas que terminan en un valle.

Ahora bien; no todos los puntos de esta línea son favorables para encontrar aguas, y por ello hay que conocer bien cuáles son los más adecuados.

No se hará excavación en los sitios en que el pie o costanera corresponda a una cuesta muy corta o lisa. La mayor parte de las veces no se encontraría agua, y de hallarse sería en muy pequeña cantidad.

Tampoco se encontrarán aguas fácilmente al pie de terrenos desplomados. Se llaman así los formados por rocas y cascajos o piedras, que caen de laderas de pendiente rápida, por haberlas arrancado de la ladera la acción de los hielos, las lluvias, etc.

Tampoco se intentará buscar aguas en los puntos de la costanera o pié de la ladera que dé la vuelta a una curva saliente, porque las grupas, o sea las extremidades de montañas o colinas que van a terminar en la llanura, están desprovistas de manantiales.

En resumen: las exploraciones o trabajos para

descubrir aguas se harán en la línea costanera o pie de las laderas, pero en los puntos que a continuación detallamos, y que elegirá el interesado según le sea más fácil.

A) Al pie de un escalón o pliegue del terreno

Fig. 14.

y en el punto en que se cruzan la línea costanera y la línea de aguas ocultas o "thalweg". Véase figura 14.

B) En el rincón de un entrante o, dicho de otro modo, en su extremo más alejado de la entrada del vallecito.

C) En aquel punto en que se vean plantas acuáticas o arbustos o en los sitios en donde en tiempos de lluvia se observa que salen corrientes de agua.

Consideremos una montaña o colina prolongada, terminada o cubierta por una meseta y situada entre dos vallecitos. Pueden ocurrir dos casos:

1.° Que la cresta de división esté aproximadamente en la mitad de la meseta. (Las dos vertientes tienen sus estratos o fajas de tierra o roca con distinta dirección, pero casi con la misma pendiente las de un lado y las del otro. Así sucede que las dos vertientes llevan a su respectivo valle la misma cantidad de agua aproximadamente.)

2.° Que la cresta de la montaña se presente sobre un costado de la meseta o muy cerca de él.

La ladera que está bajo la cresta es escarpada, es la de más rápida pendiente. Al llover, las aguas, dada la inclinación de los estratos o fajas impermeables, resbalan por ellos siguiendo la vertiente que tiene menos pendiente y se dirigen al valle que está más lejos de la cresta.

No hay que buscar, pues, los manantiales en la ladera de más rápida pendiente, sino al pie de la ladera que tiene la pendiente suave.

OBSERVACION ESPECIAL DE LLANURAS

Pueden determinar la aparición de fuentes en una llanura las siguientes causas:

1.ª Cuando se presenten materiales impermeables en disposición conveniente, como en la figura 15.

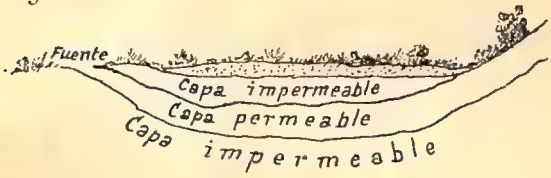


Fig. 15.

2.ª Por la disposición inclinada de los estratos, como se puede observar en la figura 16.

Algo de lo que indica la figura 16 ocurre en las proximidades de Madrid, pues las aguas ocultas se encuentran en niveles que varían de seis a cuarenta metros de profundidad, procedentes de la Sierra del Guadarrama.

Atraviesan las aguas una capa de gran espesor de terrenos sueltos (arenas silíceas) que hacen el

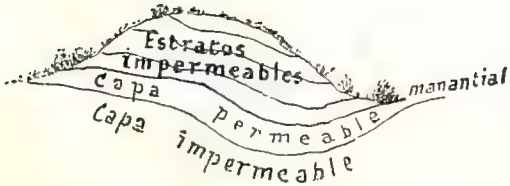


Fig. 16.

efecto de un enorme filtro. Así, dichas aguas son de calidad excelente, como ocurre con las que se obtienen en la residencia del autor de estas líneas, en Pozuelo de Alarcón.

OBSERVACION ESPECIAL DE MONTAÑAS

Sucede que la cantidad de agua que entra en el interior de una tierra varía mucho según la clase de ésta y, por tanto, según que sea más o menos impermeable.

Así ocurre que dos montañas que tengan la misma altura y la misma extensión pueden dar muy diferente cantidad de manantiales, por ser muy distinta su clase de terreno.

La más permeable, la de terreno más suelto, dará más aguas subterráneas, esto es, bajo tierra, que la poco permeable. Esta es otra de las cosas que hay que tener muy presente al querer conseguir aguas.

También puede suceder que dos montañas de la misma altura y extensión y la misma composición de su tierra produzcan, sin embargo, distinta cantidad de manantiales.

Esto puede ser debido a que una esté cubierta de arbolado y la otra no. El agua de lluvia que cae sobre un terreno desnudo se evapora, se pierde en el aire más que si está protegido por árbo-

les, que con su sombra impiden la acción desecadora del sol.

Además, la capa de hojas que caen de los árboles, embebiendo el agua y evitando la evaporación de la humedad de la tierra, y por otra parte las raíces del arbolado, haciendo que las corrientes de agua de lluvia sean más lentas, dando tiempo a que sea absorbida por el terreno, son circunstancias que favorecen el que la montaña cubierta de arbolado dé en general más aguas que la misma montaña si no lo está.

De modo que la falta de árboles hace menguar los manantiales, pero no hay que exagerar esta idea, porque un terreno puede estar sin arbolado y, sin embargo, tener manantiales.

Un terreno, en general, será favorable para descubrir manantiales cuando en la superficie, esto es, a partir del suelo, haya una capa permeable, por ejemplo, arenosa, de algunos metros de honda, y debajo de esta capa haya otra impermeable algo inclinada que hace que corran sobre ésta las aguas ocultas.

Y si esta disposición se repite, se repiten también los manantiales, es decir, que si más hondo hay otra capa permeable sobre otra impermeable, correrá agua también sobre esta última.

Al inspeccionar las alturas de las montañas, es conveniente observar si los estratos o fajas del terreno atraviesan la montaña de parte a parte, sin falla o dislocación alguna. Si están dislocadas o quebradas, debe verse cuál es su dirección, su largo y la profundidad de la falla o ruptura.

Si no hay fallas, ver si desde la cima de la montaña cada una de las fajas o estratos se hunde regularmente hacia el fondo del valle.

En las vertientes de las montañas se observará si los estratos o fajas están inclinados en el mismo sentido que la superficie exterior de las laderas, o al contrario. Ver si esta inclinación de las fajas o estratos es la misma, desde la base o parte baja de las laderas hasta su parte superior, o si varía a distintas alturas. Examinar si esta inclinación es la misma en las faldas o vertientes opuestas de una misma montaña.

Si son suaves las pendientes de las dos vertientes, los estratos de las rocas están muy poco inclinados hacia el fondo del valle o son casi horizontales. Cuando esto ocurre, se observará si los estratos o fajas que se ven en una vertiente se hallan también en la otra vertiente y en el mismo orden de colocación de unos sobre otros.

En los picos o crestas de una montaña o en sus cumbres muy agudas no encontraréis nunca manantiales. Podrá haber huecos o cavidades que den lugar a charcas más o menos grandes procedentes de aguas de lluvia.

Fuera de estos picos o crestas, si en la cima de una montaña se da el caso raro de encontrar un manantial apreciable, no cabe duda que viene de algún sitio todavía más elevado, aunque no se vea en una distancia de 30 ó más leguas.

En algunos casos se forman hasta lagos; pero para esto la montaña tiene que terminar en una meseta extensa, con poca inclinación y formada

por tierra permeable, apoyada sobre una faja o capa impermeable.

Como sobre estos lagos no suele haber más que algunos metros de terreno, muchas personas poco observadoras creen que el lago es producido por manantiales que tienen su origen en la misma cima de la montaña, a pesar de que no pueden venir más que de montañas más altas por medio de un sifón.

Si hay algún manantial en estas altas cimas serán muy pequeños y debidos a que las lluvias son más abundantes, la composición de la tierra favorable y la extensión de la meseta grande, por ejemplo, de 500 a 600 metros.

Cuando las montañas están aisladas y son de forma cónica, o sea la de un embudo boca abajo, no teniendo su base más de 400 ó 500 metros de diámetro, no encontraréis manantiales apreciables.

OBSERVACIONES SOBRE DIRECCION DE CORRIENTES DE AGUA

Si se reúnen dos corrientes de agua y son casi iguales en cantidad y pendiente, una vez reunidas, siguen una dirección intermedia, o sea que no resulta la de una corriente, ni la de otra, de las dos que la formaron.

Si son diferentes las corrientes que van a encontrarse, la que resulta de las dos ya unidas toma aproximadamente la dirección de la corriente mayor. Esta se apartará tanto menos de su dirección cuanto más fuerte sea que la otra.

Hay corrientes de agua que se mueven casi en línea recta, porque las vertientes de uno y otro lado están así también. Sin embargo, la mayor parte de las veces hace rodeos en su marcha, tanto más cuanto menor es su pendiente.

Finalmente, para saber por dónde van las líneas que siguen los manantiales bajo tierra, no hay más que un día de lluvia ir al sitio donde queramos obtener agua y observar la dirección y

sentido en que esta agua de lluvia corre sobre el terreno. De la misma manera se forman y corren bajo tierra las aguas de los manantiales en la casi totalidad de los casos.

SEÑALES O INDICIOS PROBABLES DE AGUA OCULTA

Además de todos los datos que hemos expuesto para descubrir aguas, diremos que hay un cierto número de señales o indicios que os advierten la probabilidad de encontrar agua sobre los siguientes sitios:

Aquellos puntos de un terreno de secano en que, sin embargo, se ve la hierba verde y lozana durante el verano, presentando más desarrollo de hojas y tallos, estando rodeados de las plantas o hierbas amarillas y marchitas por la sequía.

Los sitios de terrenos cultivados de trigo en que se produzca mucha hierba, en que los tallos salgan sin grano y los renuevos son más tiernos y verdes.

Los puntos del terreno en que durante el invierno o primavera se derrite la nieve más pronto y donde el verdor de la hierba se presenta antes y es más fuerte su color, observándose sobre el mismo sitio con tiempo sereno y despejado, una especie de neblina o vapor.

Los sitios en que se presenta la escarcha al fin

de la estación y en que el rocío moja mucho más el terreno que en los alrededores, donde no es frecuente.

Los sitios en que existen plantas o árboles que quieren humedad y en cuyos puntos se mantienen frescos y lozanos a pesar del aspecto seco del terreno.

Y esto sucede, por ejemplo, con los mimbres, los juncos, las cañas, las mentas acuáticas, los tréboles, los sauces, el álamo blanco, la berra, el berro, el saúco, la juncia (xunca en Galicia), el botón de oro (patelo en Galicia).

Con estas plantas suelen presentarse algunos animales, como son sapos, cochinillas de humedad, ranas, babosas, lombrices de tierra, opiliones (arañas de cuerpo redondo y largas y delgadas patas) y, finalmente, unos mosquitos que en gran número vuelan sobre los terrenos que son muy húmedos.

PROFUNDIDAD DE LOS MANANTIALES

En unos puntos, el curso de aguas bajo tierra se encuentra muy profundo; en otros, muy somero o próximo al suelo.

En unos puntos, el agua será muy abundante, y en otros será escasa.

Es, pues, muy conveniente conocer los sitios o puntos de la línea de aguas ocultas que puedan ofrecernos más ventajas y presentar menos trabajo o dificultades para la excavación.

Los puntos en que la corriente de agua oculta o bajo tierra tiene menos hondura son:

1.º El centro del vallecito en forma de circo donde comienza.

2.º La parte baja de cada pendiente de la línea de agua oculta, esto es, el pie del escalón que se ve en el terreno.

3.º La proximidad de la desembocadura en un arroyo o río, o sea de corrientes de agua a la vista.

En el primer caso, el sitio en que tiene menos profundidad el curso de agua bajo tierra es el centro mismo del vallecito o circo. Si se excava

más abajo sobre la línea de aguas ocultas se encontrará agua, pero a más profundidad.

En el segundo caso, el punto en que está menos honda la corriente de agua bajo tierra u oculta es la parte inferior de cada bajada o pendiente, esto es, el pie del escalón grande que hace el terreno. Véase la figura 14.

Siempre que un banco de roca o una barrera de tierra arcillosa se presenta al través de un vallecito, forma allí una valla y hay en la parte de arriba una playa con pendiente suave que ha sido formada por el acarreo de tierras. Desde lo alto de cada valla o escalón arranca una bajada rápida. Si hiciésemos la excavación en esta parte alta, o sea antes de la bajada, tendríamos que aumentar la profundidad en toda la diferencia de altura que hay entre la parte alta del escalón y la baja.

Además, a veces tropezaríamos con un banco de rocas. Por eso hay que excavar al pie de esa bajada rápida.

En el tercer caso, al desaguar un manantial invisible en un arroyo o un río, teniendo el vallecito que está encima poca pendiente, si excavamos cerca de su desembocadura en el arroyo o río, se le hallará a poca profundidad, pues nunca va a estar a menos altura o nivel que el río o arroyo donde desemboca.

CANTIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES

La mayor cantidad de agua de los manantiales se encuentra en la parte inferior de las bajadas o pie de escalón del terreno, como hemos fijado también para los puntos en que las aguas ocultas están más someras.

Si no se tiene la propiedad de esa parte inferior de la bajada del terreno o hay que hacer el alumbramiento del manantial más lejos por cualquier razón, se hará la excavación para alumbrar el manantial sobre el "thalweg" o línea de aguas ocultas, pero aproximándose lo más posible al pie de la bajada del terreno para obtener la mayor cantidad de agua y ahorrarse también profundidad.

Cuando el terreno en que se va a descubrir el manantial está compuesto de fajas o estratos permeables alternando con otras impermeables, por cada faja permeable correrá una capa o lámina de agua, apoyándose sobre la faja impermeable.

Claro está que en este caso, cuanto más profundicemos, más láminas o hiletes de agua conseguiremos. En estos terrenos, cuanto más bajemos tanto más abundante será el agua.

OBRAS PARA UTILIZAR AGUAS

Los más útiles trabajos para descubrir manantiales serán los que se hagan en verano, porque agua que se encuentre en esta época demuestra que no se agota el manantial con la sequedad, es decir, en todo el año.

El conjunto de obras que se han de realizar para utilizar las aguas encontradas es lo que se llama captado de un manantial.

Si la composición de un terreno es de fajas permeables alternando con impermeables, correrán sobre las últimas unos filetes o unas capas de agua, las que se buscarán contruyendo ya unas presas enterradas, ya unas galerías, ya un pozo, según sea la configuración del terreno.

Presas enterradas.—Cuando se trata de barrancos que tengan en su superficie tierra de cascajo o arenas, en una palabra, tierra permeable sobre rocas o tierras impermeables, suele ser éste el mejor procedimiento.

No se empleará este sistema de presas más que cuando puedan cimentarse sobre terreno bien impermeable, pues de lo contrario las aguas se bus-

can su salida por bajo de la presa y se pierden.

Se comenzará por abrir una zanja transversalmente a la dirección del barranco, es decir, que forme cruz con esta dirección. Esta zanja debe llegar hasta la roca o la faja de tierra impermeable y penetrar en ella unos veinte centímetros o un palmo, lo menos.

Sobre esta zanja se construirá el muro de la presa, que puede tener la forma circular o la que se dibuja en la figura 17, o sea un muro con tres direcciones: la del medio formando cruz con la

Fig. 17.

dirección del barranco y las otras dos dirigidas algo hacia arriba. Así los dos extremos de la presa están más altos que el muro del centro.

Las aguas así detenidas pueden buscarse por medio de una pequeña galería con poca inclinación. La salida del agua será por F (fig. 17).

Si en vez de agua para riego deseamos tener una fuente para beber, entonces en la zanja de que hablamos antes se construirán dos muros que formen cruz con la dirección del barranco,

esto es, que lo atraviesen. Uno de los muros, el de aguas abajo, o sea el que quedará a la vista, se hará de mampostería o ladrillo con mortero de cemento o cal hidráulica, dándole un enlucido de mortero impermeable en la cara de aguas arriba.

El otro muro se hará de piedras en seco, pero bien construído para evitar el empuje de las tierras. Claro está que este muro tendrá agujeros o mechinales para que el agua al llegar a él lo atraviese.

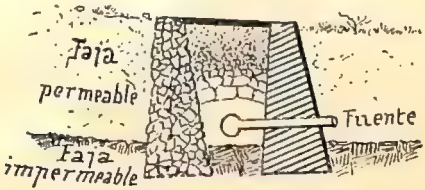


Fig. 18.

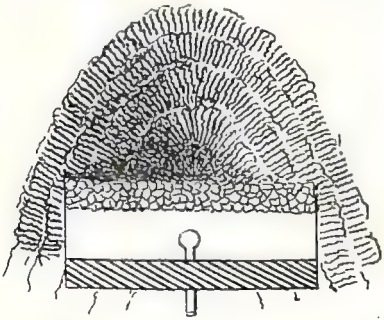
El espacio de 50 centímetros que quedará entre los dos muros se rellenará con grava o piedra dura partida, la que hará el papel de filtro.

Cerca del pie del muro impermeable, a la menos altura que se pueda y atravesando dicho muro se pondrá un tubo de plomo o de hierro o simplemente de grés vidriado. El tubo en el extremo que queda bajo tierra puede ir provisto de una alcachofa, para que pueda entrar el agua, pero no las materias extrañas que ésta pueda llevar. Alrededor de la alcachofa se deja un espacio vacío. Sobre esto, una bovedilla, y el resto relleno

de guijarros, recubriendo esto con una capa de cemento o de arcilla.

El hueco que queda entre los dos muros se rellena, dejando en la misma forma el cauce del barranco. (Véanse las figuras 18 y 19.)

Hay que procurar que los extremos de la presa o muro impermeable se apoyen firmemente en el terreno natural, pues de no ser así, cuando



Presa vista por arriba.

Fig. 19.

ocurriesen grandes lluvias, el agua, al empujar, podría salirse por estos extremos, estropeando la obra.

Estas presas enterradas son las indicadas por su economía cuando se trate de cauces de barrancos poco anchos.

Galerías o drenes.—Es un procedimiento más empleado generalmente que el de las presas.

Consiste en hacer galerías o pequeños túneles

que recorren la ladera y que se inclinan por una pequeña pendiente hacia el sitio que nos convenga.

Como se ve, las galerías son lo contrario de las presas. Aquéllas son huecos para facilitar que corran las aguas, y las presas las detienen. No deben emplearse las galerías cuando la faja impermeable sobre la que corre el agua está muy profunda, pues en este caso es más conveniente la construcción de un pozo.

Pueden ocurrir dos casos:

1.º Que no esté a gran profundidad la faja impermeable. En este caso se hace la trinchera, abriéndola hasta la faja impermeable, en la que se excava o profundiza de 20 a 50 centímetros, con una anchura en relación con la cantidad de agua que se supone ha de suministrar la galería. Si se quiere tener algún dato aproximado, diremos que con unos 80 centímetros hay bastante, dadas las pequeñas cantidades de agua a que nos referimos en estas instrucciones.

Se hacen dos muretes de piedra en seco a cada lado de la trinchera y sobre estos dos pequeños muros se ponen piedras llanas y anchas, como, por ejemplo, pizarras no muy delgadas. Si no hay esta clase de materales en el país, se hace una bovedilla con ladrillos.

Después, la parte comprendida entre los muros y las paredes de la trinchera se rellena de piedra, y la que está por encima de la bovedilla de la galería que hemos hecho, con piedras gruesas primero y luego más delgadas, y finalmente arena, para dejar paso al agua. A continuación se echará tierra,

quedando con la misma pendiente que tenga el terreno de la vertiente o ladera.

Hecho esto, se pondrá sobre la tierra apisonada una capa de arcilla inclinada en la dirección de la pendiente, para impedir por su impermeabilidad que lleguen las aguas superficiales que pueden estar contaminadas. (Véase la figura 20.)

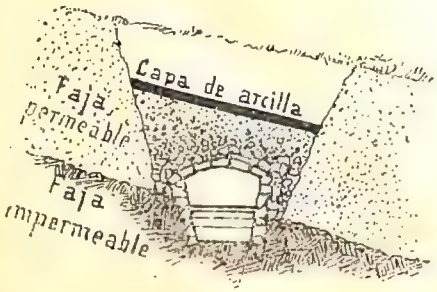


Fig. 20.

2.° Que la faja impermeable esté a gran profundidad, en cuyo caso el coste de una trinchera como la anterior sería muy grande.

Lo que haremos entonces será abrir la trinchera en la misma faja permeable ahondando lo más posible. El fondo y la pared de aguas abajo se revestirán con una buena capa de arcilla pura o de hormigón hidráulico, procurando alisar bien la superficie de esta capa, para que corra el agua bien.

Cuando la arcilla se endurezca o haya fraguado bien el hormigón, se harán los dos muros y

bovedilla y todo lo demás como se ha dicho en el anterior caso. (Véase figura 21.)

Pozos.—Cuando un manantial está en un terreno excesivamente llano o cuando no se puede conducir junto a la casa, porque esté muy profundo, o porque esté lejos, o porque sea poco abundante, o porque los dueños no dispongan de dinero bastante para hacer un acueducto, entonces se recurre a construir un pozo.

En el caso de un manantial que da poca cantidad de agua para surtir constantemente a una

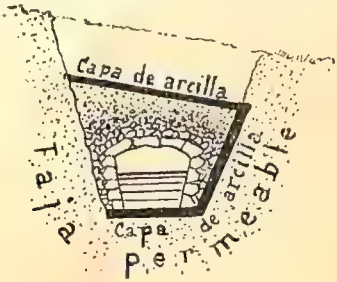


Fig. 21.

fuente, si se le recoge dentro de un depósito, como, por ejemplo, un pozo, de este no sale el agua permanentemente, y en cambio, aunque en pequeña cantidad, entra continuamente y así puede resolver las necesidades de una casa.

Los pozos se hacen casi siempre en forma circular y de ancho uniforme en toda su profundidad. Muchas veces conviene excavar el fondo, ensanchándole, o sea en forma de caldera.

Claro está que la excavación del pozo se hará sobre la línea de aguas ocultas, de que tantas veces hemos hablado. No se debe parar el trabajo de profundizar en cuanto encontremos el manantial, sino que hay que continuar ahondando hasta uno o dos metros más abajo del manantial.

En general, si se quiere tener agua abundante, se debe llegar hasta una faja impermeable, si no está muy lejos, y hacer en esa faja la caldera. (Véase figura 22.)

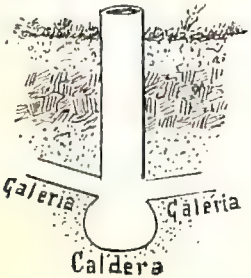


Fig. 22.

Ya dentro de la faja impermeable, no es conveniente continuar la perforación, pues si la faja impermeable fuese de poco espesor y si la atravesásemos del todo, perderíamos el trabajo hecho.

El aumento de cantidad de agua no se consigue mucho con el aumento de anchura del pozo. En tierras permeables y cuya composición no varía, la cantidad de agua aumenta a medida que profundizamos.

De todos modos, para aumentar la cantidad de

agua, es conveniente abrir galerías que partan del fondo o de la caldera del pozo, en direcciones convenientes y aumentando la pendiente de ellas suavemente.

Ya hemos dicho que el centro del pozo se elija o marque sobre la línea de aguas ocultas, o sea la que el manantial sigue bajo tierra.

Pero cuando la perforación del pozo ha llegado a la faja impermeable o la roca, si viene a dar sobre uno de los dos ribazos o planos inclinados, se hará una pequeña galería, dirigida hacia la parte baja de este plano inclinado, hasta encontrar la base del ribazo de enfrente. Y si esta base no está a más de dos metros de la excavación que hacemos, se ensanchará ésta lo suficiente para que el cauce de los dos ribazos quede en medio de la excavación.

CUALIDADES DE LAS AGUAS

El agua se considerará como buena para beber, o sea potable, cuando sea clara; sin color, o sea transparente; sin olor; sin mal sabor ninguno; lleve aire disuelto; cueza bien las legumbres secas, y disuelva el jabón sin hacer grumos.

No hay manantial que podamos decir que es de agua absolutamente pura; pero podemos afirmar que la mayoría son de aguas buenas para beber.

Los que más se aproximan al agua pura son los manantiales de agua de roca. Estos son los que, después de filtrarse entre arenas sueltas, sin materias extrañas que se disuelvan en el agua, sale ésta de las rocas o peñascos. También hay manantiales de agua muy potable saliendo sólo de arenas o de calizas o de arcillas puras.

Las aguas de manantial son, en general, preferibles a las de ríos, a pesar de lo que algunos sostienen, lo que no será cierto más que cuando se hace una mala comparación, o sea la de un mal manantial con la mejor agua de río. Las aguas de éstos han reunido las que han regado terre-

nos estercolados; las que se han corrompido con charcas o pantanos, atravesado pueblos recogiendo materias fecales, etc. Los ríos sirven de lavaderos, y aun en muchos atrasados pueblos, al río echan cadáveres de animales.

Las aguas de manantiales pueden ser minerales, es decir, estar cargadas de diversas sustancias salinas en proporción adecuada para curar determinadas enfermedades, según dicha composición.

Ya hemos dicho que el descubrimiento de algunos manantiales de esta clase ha sido origen de grandes fortunas.

El color rojizo sólo en la superficie del agua indica alguna materia animal, pero cuando este color rojo abarca toda la masa de agua, es que ésta tiene compuestos de hierro u ocres. El color azul indica el cobre; el color amarillo negruzco, el hierro; el color blanquecino, el yeso o la greda.

El olor de ajos es señal de que el agua tiene arsénico. El gusto de sal, de hierro o de azufre, da a entender que las respectivas aguas contienen dichas sustancias en mayor o menor proporción.

Cuando el agua ha de servir para beber, se debe tener cuidado en que el manantial que nos ha de servir no venga por bajo de estercoleros, letrinas, cuadras o establos, cementerios, etc. En algunos pueblos tienen fuentes en la parte más baja de ellos y sus aguas, en algunos de estos casos, no son potables, no son sanas, por venir el manantial por bajo de las casas del pueblo.

Cuando se quiera evitar que vayan a un manantial aguas superficiales malas, se abrirá a su

alrededor una zanja circular de 30 a 80 centímetros, y lo mismo de profundidad. Esta zanja se rellena con un macizo de arcilla u otro material impermeable, rodeando el brocal hasta la altura conveniente.

Si el pozo o la zanja de un manantial reciben sólo en determinadas épocas aguas malas, pero que son superficiales, someras, haremos una zanja que partiendo de arriba de la línea de aguas ocultas pase separada del pozo o zanja unos dos o tres metros.

* * *

No hemos pretendido más que dar algunas indicaciones prácticas sobre descubrimiento de aguas, no muy profundas, a modestos labradores, para servirles de guía en trabajos que ellos mismos pueden realizar.

Para empresas de mayor cuantía, y disponiendo de los medios económicos que aquéllas exigen, diremos que en España existen casas que se dedican a estas investigaciones, como, por ejemplo, varias de Valencia, Murcia y alguna extranjera.

Indice de materias

PÁGS.

Generalidades... 5
Importancia del descubrimiento de aguas... 7
Vara adivinatoria y otros aparatos... 10
Observaciones generales sobre terrenos... 15
Aspecto de los terrenos permeables e impermeables... 20
Observación especial de valles y vallecitos... 21
Observación especial de laderas... 29
Observación especial de llanuras... 33
Observación especial de montañas... 35
Observaciones sobre dirección de corrientes de agua... 39
Señales o indicios probables de agua oculta... ... 41
Profundidad de los manantiales... 43
Cantidad de agua de los manantiales... 45
Obras para utilizar aguas... 47
Cualidades de las aguas... 56

UNAM

FECHA DE DEVOLUCIÓN

El lector se obliga a devolver este libro antes del vencimiento de préstamo señalado por el último sello